



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월07일

(11) 등록번호 10-2540320

(24) 등록일자 2023년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/03 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/032 (2013.01)

A61B 6/4085 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0094913

(22) 출원일자 2021년07월20일

심사청구일자 2021년07월20일

(65) 공개번호 10-2023-0013881

(43) 공개일자 2023년01월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2013529491 A

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 11 항

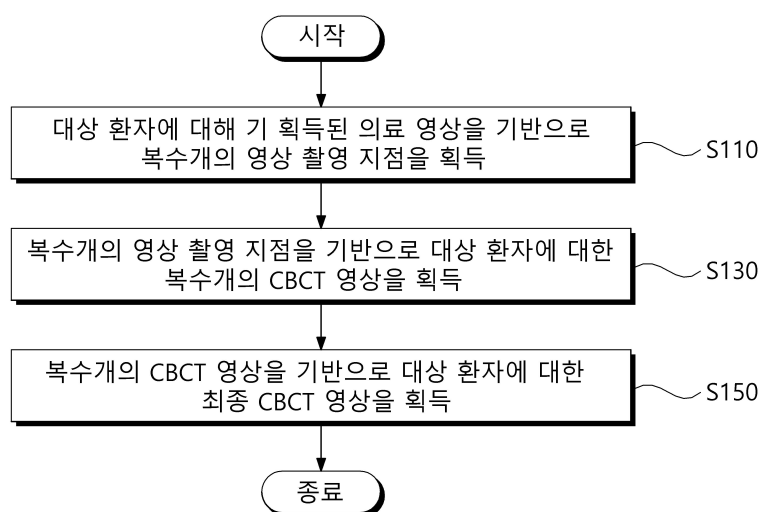
심사관 : 박세영

(54) 발명의 명칭 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치는, 적응적 샘플링(adaptive sampling)을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득함으로써, 대상 환자에 가해지는 선량을 감소시킬 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

A61B 6/5211 (2013.01)

A61B 6/5223 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US09170315 B

KR1020150016054 A*

KR1020170032818 A*

JP2009172380 A

KR1020150047109 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711183550

과제번호 2022R1A2C2011556

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 환자 맞춤형 통풍 진단용 다중에너지 전산화 단층촬영 영상 시스템 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2022.03.01 ~ 2026.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345342777

과제번호 2019R1I1A1A01062157

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원사업

연구과제명 딥 콘빔형 전산화 단층촬영 영상 생성을 위한 핵심 기술 개발

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학

연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하는 단계;

상기 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 획득하는 단계; 및

상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득하는 단계;

를 포함하고,

상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는,

상기 의료 영상을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 획득하고, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 미리 설정된 기준에 따라 복수개의 영상을 선택하고, 선택된 복수개의 영상 각각에 대응되는 영상 촬영 지점을 상기 복수개의 영상 촬영 지점으로 획득하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에서,

상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는,

획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 엔트로피(entropy)를 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는,

획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 내림차순으로 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 정량적인 값이 큰 순서대로 복수개의 영상을 선택하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 5

제1항에서,

상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는,

CBCT 촬영 시스템의 기하학적 정보를 이용하여 전방 프로젝션(forward projection)을 통해 상기 의료 영상으로부터 상기 영상 촬영 지점별 영상을 획득하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 6

제1항에서,

상기 복수개의 CBCT 영상 획득 단계는,

상기 복수개의 영상 촬영 지점 각각에서 CBCT 촬영 시스템을 통해 상기 대상 환자를 촬영하여 상기 복수개의 CBCT 영상을 획득하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 최종 CBCT 영상 획득 단계는,

분석적 재구성 알고리즘(analytical reconstruction algorithm) 및 반복적 재구성 알고리즘(iterative reconstruction algorithm) 중 하나를 이용하여 상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 최종 CBCT 영상을 획득하는 것으로 이루어지는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 8

제1항에서,

상기 의료 영상은,

CT(computed tomography) 볼륨 영상이고,

상기 영상 촬영 지점은,

갠트리(gantry) 회전 인덱스(index)인,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법.

청구항 9

제1항, 제3항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

적응적 샘플링을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득하는 CBCT 영상 획득 장치로서,

상기 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 상기 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 상기 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 상기 하나 이상의 프로그램에 따라 상기 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 상기 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 상기 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 동작을 수행하는 하나 이상의 프로세서;

를 포함하고,

상기 프로세서는,

대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하고,

상기 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 상기 복수개의 CBCT 영상을 획득하며,

상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 상기 최종 CBCT 영상을 획득하고,

상기 프로세서는,

상기 의료 영상을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 획득하고, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대

한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 미리 설정된 기준에 따라 복수개의 영상을 선택하고, 선택된 복수개의 영상 각각에 대응되는 영상 촬영 지점을 상기 복수개의 영상 촬영 지점으로 획득하는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에서,

상기 프로세서는,

획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 엔트로피(entropy)를 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치.

청구항 13

제10항에서,

상기 프로세서는,

획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 내림차순으로 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 정량적인 값이 큰 순서대로 복수개의 영상을 선택하는,

적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 획득하는, 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 도 1은 종래의 CBCT 촬영 시스템의 동작 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 도 1에 도시한 동작 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

[0003] 도 1을 참조하면, 종래의 CBCT(cone beam computed tomography) 촬영 시스템(10)은 회전되는 갱트리(gantry), 대상 환자가 위치하는 카우치(couch), 갱트리에 설치되어 방사선 빔을 조사하는 방사선 조사부, 갱트리에 설치되어 대상 환자를 투과한 방사선 빔을 감지하여 영상을 획득하는 영상 획득부 등을 포함할 수 있다.

[0004] 종래의 CBCT 촬영 시스템(10)은 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 일정한 샘플링 간격으로 갱트리를 회전하면서 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT 영상을 획득한다. 즉, 종래의 CBCT 촬영 시스템(10)은 균일한 샘플링(uniform sampling)을 통해 복수개의 CBCT 영상을 획득한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 목적은, 적응적 샘플링(adaptive sampling)을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득하는, 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법은, 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하는 단계; 상기 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 획득하는 단계; 및 상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득하는 단계;를 포함한다.

[0008] 여기서, 상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는, 상기 의료 영상을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 획득하고, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 미리 설정된 기준에 따라 복수개의 영상을 선택하고, 선택된 복수개의 영상 각각에 대응되는 영상 촬영 지점을 상기 복수개의 영상 촬영 지점으로 획득하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 엔트로피(entropy)를 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 내림차순으로 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 정량적인 값이 큰 순서대로 복수개의 영상을 선택하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계는, CBCT 촬영 시스템의 기하학적 정보를 이용하여 전방 프로젝션(forward projection)을 통해 상기 의료 영상으로부터 상기 영상 촬영 지점별 영상을 획득하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 복수개의 CBCT 영상 획득 단계는, 상기 복수개의 영상 촬영 지점 각각에서 CBCT 촬영 시스템을 통해 상기 대상 환자를 촬영하여 상기 복수개의 CBCT 영상을 획득하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 최종 CBCT 영상 획득 단계는, 분석적 재구성 알고리즘(analytical reconstruction algorithm) 및 반복적 재구성 알고리즘(iterative reconstruction algorithm) 중 하나를 이용하여 상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 최종 CBCT 영상을 획득하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 의료 영상은, CT(computed tomography) 볼륨 영상이고, 상기 영상 촬영 지점은, 갱트리(gantry) 회전 인덱스(index)일 수 있다.

[0016] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장되어 상기한 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 중 어느 하나를 컴퓨터에서 실행시킨다.

[0018] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치는, 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득하는 CBCT 영상 획득 장치로서, 상기 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 상기 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 상기 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리; 및 상기 메모리에 저장된 상기 하나 이상의 프로그램에 따라 상기 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 상기 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 상기 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 동작을 수행하는 하나 이상의 프로세서;를 포함하고, 상기 프로세서는, 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하고, 상기 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 상기 복수개의 CBCT 영상을 획득하며, 상기 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 상기 대상 환자에 대한 상기 최종 CBCT 영상을 획득한다.

[0019] 여기서, 상기 프로세서는, 상기 의료 영상을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 획득하고, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 미리 설정된 기준에 따라 복수개의 영상을 선택하고, 선택된 복수개의 영상 각각에 대응되는 영상 촬영 지점을 상기 복수개의 영상 촬영 지점으로 획득할 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 프로세서는, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 엔트로피(entropy)를 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 정렬할 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 프로세서는, 획득된 상기 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 상기 영상 촬영 지점별 영상을 내림차순으로 정렬하며, 정렬된 상기 영상 촬영 지점별 영상 중에서 정량적인 값이 큰 순서대로 복수개의 영상을 선택할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치에 의하면, 적응적 샘플링(adaptive sampling)을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득함으로써, 대상 환자에 가해지는 선량을 감소시킬 수 있다.

[0023] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 CBCT 촬영 시스템의 동작 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 도 1에 도시한 동작 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치를 설명하기 위한 블록도이다.

도 4는 도 3에 도시한 CBCT 영상 획득 장치의 구현 예시를 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 CBCT 영상 획득 장치와 CBCT 촬영 시스템이 서로 독립적인 장치로 구현된 경우를 나타내고, 도 4의 (b)는 CBCT 영상 획득 장치와 CBCT 촬영 시스템이 일체의 형태로 구현된 경우를 나타낸다.

도 5는 도 3에 도시한 CBCT 영상 획득 장치의 동작 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도 5에 도시한 동작 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법을 설명하기 흐름도이다.

도 8은 도 7에 도시한 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계의 세부 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 도 7에 도시한 영상 촬영 지점별 영상 획득 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링을 기반으로 복수개의 CBCT 영상을 획득하는 과정의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 도 7에 도시한 최종 CBCT 영상 획득 과정의 세부 과정을 설명하기 위한 도면으로, 분석적 재구성 알고리즘을 이용하는 경우를 나타낸다.

도 12는 도 7에 도시한 최종 CBCT 영상 획득 과정의 세부 과정을 설명하기 위한 도면으로, 반복적 재구성 알고리즘을 이용하는 경우를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0026] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0027] 본 명세서에서 "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예컨대, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수

있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.

- [0028] 본 명세서에서 각 단계들에 있어 식별부호(예컨대, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별 부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0029] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다" 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예컨대, 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성 요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0032] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법 및 장치의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0034] 먼저, 도 3 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치에 대하여 설명한다.
- [0035] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치를 설명하기 위한 블록도이고, 도 4는 도 3에 도시한 CBCT 영상 획득 장치의 구현 예시를 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 CBCT 영상 획득 장치와 CBCT 촬영 시스템이 서로 독립적인 장치로 구현된 경우를 나타내고, 도 4의 (b)는 CBCT 영상 획득 장치와 CBCT 촬영 시스템이 일체의 형태로 구현된 경우를 나타내며, 도 5는 도 3에 도시한 CBCT 영상 획득 장치의 동작 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 도 5에 도시한 동작 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0036] 도 3을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 장치(이하 'CBCT 영상 획득 장치'라 한다)(100)는 적응적 샘플링(adaptive sampling)을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT(cone beam computed tomography) 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득한다.
- [0037] 여기서, 적응적 샘플링은 샘플링 간격을 일정하게 하지 않고, 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 샘플링 간격을 적응적으로 달리하여 복수개의 CBCT 영상을 획득하는 것을 말한다. 그리고, 의료 영상은 CT(computed tomography) 볼륨 영상일 수 있으며, 예컨대, 대상 환자의 계획(plan) CT 볼륨 영상일 수 있다. 물론, 의료 영상은 MRI(magnetic resonance imaging) 영상, PET(positron emission tomography) 영상 등과 같이 다른 유형의 의료 영상일 수도 있다.
- [0038] 즉, CBCT 영상 획득 장치(100)는 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하고, 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT 영상을 획득하며, 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다.
- [0039] 여기서, 영상 촬영 지점은 갱트리(gantry) 회전 인덱스(index)일 수 있다.
- [0041] 이를 위해, CBCT 영상 획득 장치(100)는 하나 이상의 프로세서(110), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130) 및 통신 버스(150)를 포함할 수 있다.
- [0042] 프로세서(110)는 CBCT 영상 획득 장치(100)가 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(110)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 하나 이상의 프로그램(131)을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램(131)은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(110)에 의해 실행되는 경우 CBCT 영상 획득 장치(100)로 하여금 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0043] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 적응적 샘플링을 기반으로 획득한 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 최종 CBCT 영상을 획득하기 위한 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 프로그램(131)은 프로세서(110)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 CBCT 영상 획득 장치(100)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0044] 통신 버스(150)는 프로세서(110), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)를 포함하여 CBCT 영상 획득 장치(100)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.

- [0045] CBCT 영상 획득 장치(100)는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(170) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(190)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(170) 및 통신 인터페이스(190)는 통신 버스(150)에 연결된다. 입출력 장치(도시하지 않음)는 입출력 인터페이스(170)를 통해 CBCT 영상 획득 장치(100)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0047] 한편, 본 발명에 따른 CBCT 영상 획득 장치(100)는 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, CBCT 촬영 시스템(10)과 서로 독립적인 장치로 구현될 수 있다. 이 경우, CBCT 영상 획득 장치(100)는 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 CBCT 영상을 촬영할 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하고, 획득한 복수개의 영상 촬영 지점을 CBCT 촬영 시스템(10)에 제공할 수 있다. 그러면, CBCT 촬영 시스템(10)은 CBCT 영상 획득 장치(100)로부터 제공받은 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 대상 환자를 촬영하여 복수개의 CBCT 영상을 획득하고, 획득한 복수개의 CBCT 영상을 CBCT 영상 획득 장치(100)에 제공할 수 있다. 그러면, CBCT 영상 획득 장치(100)는 CBCT 영상 촬영 시스템(10)으로부터 제공받은 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다.
- [0048] 물론, 본 발명에 따른 CBCT 영상 획득 장치(100)는 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, CBCT 촬영 시스템(10)과 일체의 형태로 구현될 수도 있다. 이 경우, CBCT 영상 획득 장치(100)는 하드웨어 또는 소프트웨어 형태로 구현되어 CBCT 촬영 시스템(10)에 탑재될 수 있다.
- [0049] 다시 설명하면, 본 발명에 따른 CBCT 영상 획득 장치(100)는 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 일정하지 않은 샘플링 간격으로 갠트리를 회전하면서 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 즉, CBCT 영상 획득 장치(100)는 비균일한 샘플링을 통해 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다.
- [0050] 이때, CBCT 영상 획득 장치(100)는 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 이용하여 CBCT 영상을 촬영할 복수개의 영상 촬영 지점을 획득하고, 획득한 복수개의 영상 촬영 지점 각각에서 대상 환자를 촬영하여 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 이와 같이, CBCT 영상 획득 장치(100)는 대상 환자의 과거 의료 영상을 기반으로 결정된 샘플링 위치에서 CBCT 촬영을 수행함으로써, 비균일한 샘플링 간격을 가지는 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다.
- [0053] 그러면, 도 7 내지 도 12를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법에 대하여 설명한다.
- [0054] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링 기반 CBCT 영상 획득 방법을 설명하기 흐름도이고, 도 8은 도 7에 도시한 복수개의 영상 촬영 지점 획득 단계의 세부 과정을 설명하기 위한 도면이며, 도 9는 도 7에 도시한 영상 촬영 지점별 영상 획득 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 적응적 샘플링을 기반으로 복수개의 CBCT 영상을 획득하는 과정의 일례를 설명하기 위한 도면이며, 도 11은 도 7에 도시한 최종 CBCT 영상 획득 과정의 세부 과정을 설명하기 위한 도면으로, 분석적 재구성 알고리즘을 이용하는 경우를 나타내고, 도 12는 도 7에 도시한 최종 CBCT 영상 획득 과정의 세부 과정을 설명하기 위한 도면으로, 반복적 재구성 알고리즘을 이용하는 경우를 나타낸다.
- [0055] 도 7을 참조하면, CBCT 영상 획득 장치(100)의 프로세서(110)는 대상 환자에 대해 기 획득된 의료 영상을 기반으로 복수개의 영상 촬영 지점을 획득할 수 있다(S110).
- [0056] 즉, 프로세서(110)는 도 8에 도시된 바와 같이, 대상 환자에 대한 기 촬영된 의료 영상을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 획득할 수 있다.
- [0057] 이때, 프로세서(110)는 도 9에 도시된 바와 같이, CBCT 촬영 시스템(10)의 기하학적 정보를 이용하여 전방 프로젝션(forward projection)을 통해 의료 영상으로부터 영상 촬영 지점별 영상을 획득할 수 있다.
- [0058] 그리고, 프로세서(110)는 도 8에 도시된 바와 같이, 획득된 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 획득하고, 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 정렬할 수 있다. 예컨대, 프로세서(110)는 획득된 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 내림차순으로 정렬할 수 있다.
- [0059] 이때, 프로세서(110)는 획득된 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 엔트로피(entropy)를 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 정렬할 수 있다. 여기서, 엔트로피는 시스템의 무작위성(randomness) 또는 무질서(disorder)의 정도를 측정하는 것이다. 높은 무질서를 가지면 엔트로피는 높아지고, 낮은 무질서를 가지면 엔트로피는 낮아지게 되며, 아래의 [수학식 1] 및 [수학식 2]를 통해 엔트로피를 계산할 수 있다. 영상에 대한 엔트로피를 계산

하는 부분은 종래에 알려진 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.

수학식 1

$$H = - \sum_i PDF(i) \log PDF(i)$$

수학식 2

$$p(i) = PDF(i) = \frac{histogram(x_i)}{Total\ Number}$$

여기서, H는 엔트로피를 나타낸다. PDF(i)는 랜덤 변수 i에 대한 확률 밀도 함수(probability density function, PDF)를 나타낸다.

또한, 프로세서(110)는 획득된 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 라디오믹 특징(radiomic feature)을 기반으로 영상 촬영 지점별 영상을 정렬할 수 있다. 여기서, 라디오믹 특징은 유형에 따라 아래와 같이 복수개의 클래스로 구분할 수 있으며, 각각의 클래스별로 복수개의 특징으로 이루어져 있다. 즉, 프로세서(110)는 라디오믹 특징에 따른 복수개의 특징 중에서 적어도 하나의 특징을 이용하여 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 획득할 수 있다. 라디오믹 특징의 일부 클래스의 특징들에 대해서만 아래에 설명하였으나, 다른 클래스의 특징들을 이용할 수도 있다. 그리고, 영상에 대한 라디오믹 특징을 계산하는 부분은 종래에 알려진 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.

- 클래스 : 2D Shape Features

2D Shape Features 클래스의 특징들은 관심 영역(region of interest, ROI)의 2차원 크기와 모양에 대한 특징이며, 구체적인 특징들은 아래와 같다.

1. Mesh Surface Feature

수학식 3

$$A_i = \frac{1}{2} O a_i \times O b_i$$

$$A = \sum_{i=1}^{N_f} A_i$$

2. Pixel Surface Feature

수학식 4

$$A_{pixel} = \sum_{k=1}^{N_v} A_k$$

3. Perimeter Feature

수학식 5

[0072]
$$P_i = \sqrt{(a_i - b_i)^2}$$

[0073]
$$P = \sum_{i=1}^{N_s} P_i$$

[0074] 4. Perimeter to Surface ratio Feature

수학식 6

[0075]
$$perimeter\ to\ surface\ ratio = \frac{P}{A}$$

[0076] 5. Sphericity Feature

수학식 7

[0077]
$$sphericity = \frac{2\pi R}{P} = \frac{2\sqrt{\pi A}}{P}$$

[0078] 6. Spherical Disproportion Feature

수학식 8

[0079]
$$spherical\ disproportion = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

[0080] 7. Maximum 2D diameter Feature

[0081] 최대 직경(maximum diameter)은 종양 표면 메쉬 정점(tumor surface mesh verices) 사이의 가장 큰 쌍의 유클리드 거리(Euclidean distance)로 정의된다.

[0082] 8. Major Axis Length Feature

수학식 9

[0083]
$$major\ axis = 4\sqrt{\lambda_{major}}$$

[0084] 9. Minor Axis Length Feature

수학식 10

[0085]
$$minor\ axis = 4\sqrt{\lambda_{minor}}$$

[0086] 10. Elongation Feature

수학식 11

$$elongation = \sqrt{\frac{\lambda_{minor}}{\lambda_{major}}}$$

[0087]

[0088] - 클래스 : Gray Level Co-occurrence Matrix(GLCM) Features

[0089] GLCM Features 클래스의 특징들은 마스크에 의해 제한된 이미지 영역의 2차 조인트 확률 함수(second-order joint probability function)에 대한 특징이며, 구체적인 특징들은 아래와 같다.

[0090] 1. Autocorrelation Feature

수학식 12

$$autocorrelation = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i,j)ij$$

[0091]

[0092] 2. Joint Average Feature

수학식 13

$$joint\ average = \mu_x = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i,j)i$$

[0093]

[0094] 3. Cluster Prominence Feature

수학식 14

$$cluster\ prominence = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i+j-\mu_x-\mu_y)^4 p(i,j)$$

[0095]

[0096] 4. Cluster Shade Feature

수학식 15

$$cluster\ shade = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i+j-\mu_x-\mu_y)^3 p(i,j)$$

[0097]

[0098] 5. Cluster Tendency Feature

수학식 16

$$cluster\ tendency = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} (i+j-\mu_x-\mu_y)^2 p(i,j)$$

[0099]

[0100] 6. Contrast Feature

수학식 17

$$contrast = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (i-j)^2 p(i,j)$$

[0101]

[0102] 7. Correlation Feature

수학식 18

$$correlation = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} p(i,j) i j - \mu_x \mu_y}{\sigma_x(i) \sigma_y(j)}$$

[0103]

[0104] 8. Difference Average Feature

수학식 19

$$difference\ average = \sum_{k=0}^{N_x-1} k p_{x-y}(k)$$

[0105]

[0106] 9. Difference Entropy Feature

수학식 20

$$difference\ entropy = \sum_{k=0}^{N_x-1} p_{x-y}(k) \log_2(p_{x-y}(k) + \epsilon)$$

[0107]

[0108] 10. Difference Variance Feature

수학식 21

$$difference\ variance = \sum_{k=0}^{N_x-1} (k-DA)^2 p_{x-y}(k)$$

[0109]

[0110] 11. Joint Energy Feature

수학식 22

$$joint\ energy = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (p(i,j))^2$$

[0111]

[0112] 12. Joint Entropy Feature

수학식 23

$$joint\ entropy = - \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} p(i,j) \log_2(p(i,j)+\epsilon)$$

[0113]

[0114] 13. Informational Measure of Correlation(IMC) 1 Feature

수학식 24

$$IMC1 = \frac{HXY - HXY1}{\max\{HX, HY\}}$$

[0115]

[0116] 14. Informational Measure of Correlation(IMC) 2 Feature

수학식 25

$$IMC2 = \sqrt{1 - e^{-2(HXY2 - HXY)}}$$

[0117]

[0118] 15. Inverse Difference Moment(IDM) Feature

수학식 26

$$IDM = \sum_{k=0}^{N_x-1} \frac{p_{x-y}(k)}{1+k^2}$$

[0119]

[0120] 16. Maximal Correlation Coefficient(MCC) Feature

수학식 27

$$MCC = \sqrt{\text{second largest eigenvalue of } Q}$$

[0121]

$$Q(i,j) = \sum_{k=0}^N \frac{p(i,k)p(j,k)}{p_x(i)p_y(k)}$$

[0122]

[0123] 17. Inverse Difference Moment Normalized(IDMN) Feature

수학식 28

$$IDMN = \sum_{k=0}^{N_x-1} \frac{p_{x-y}(k)}{1 + \left(\frac{k^2}{N_g^2}\right)}$$

[0124]

[0125] 18. Inverse Difference(ID) Feature

수학식 29

$$ID = \sum_{k=0}^{N_g-1} \frac{p_{x-y}(k)}{1+k}$$

[0126]

[0127] 19. Inverse Difference Normalized(IDN) Feature

수학식 30

$$IDN = \sum_{k=0}^{N_g-1} \frac{p_{x-y}(k)}{1 + \left(\frac{k}{N_g} \right)}$$

[0128]

[0129] 20. Inverse Variance Feature

수학식 31

$$inverse\ variance = \sum_{k=1}^{N_g-1} \frac{p_{x-y}(k)}{k^2}$$

[0130]

[0131] 21. Maximum Probability Feature

수학식 32

$$maximum\ probability = \max(p(i,j))$$

[0132]

[0133] 22. Sum Average Feature

수학식 33

$$sum\ average = \sum_{k=2}^{2N_g} p_{x+y}(k)k$$

[0134]

[0135] 23. Sum Entropy Feature

수학식 34

$$sum\ entropy = \sum_{k=2}^{2N_g} p_{x+y}(k) \log_2(p_{x+y}(k) + \epsilon)$$

[0136]

[0137] 24. Sum of Squares Feature

수학식 35

$$sum\ squares = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} (i - \mu_x)^2 p(i, j)$$

[0138]

[0139] - 클래스 : Gray Level Size Zone Matrix(GLSZM) Features

[0140] GLSZM Features 클래스의 특징들은 이미지에서 그레이 레벨 영역(gray level zone)의 정량화에 대한 특징이며, 구체적인 특징들은 아래와 같다.

[0141] 1. Small Area Emphasis(SAE) Feature

수학식 36

$$SAE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} \frac{P(i, j)}{j^2}}{N_z}$$

[0142]

[0143] 2. Large Area Emphasis(LAE) Feature

수학식 37

$$LAE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} P(i, j) j^2}{N_z}$$

[0144]

[0145] 3. Gray Level Non-Uniformity(GLN) Feature

수학식 38

$$GLN = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \left(\sum_{j=1}^{N_z} P(i, j) \right)^2}{N_z}$$

[0146]

[0147] 4. Gray Level Non-Uniformity Normalized(GLNN) Feature

수학식 39

$$GLNN = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \left(\sum_{j=1}^{N_z} P(i, j) \right)^2}{N_z^2}$$

[0148]

[0149] 5. Size-Zone Non-Uniformity(SZN) Feature

수학식 40

$$SZN = \frac{\sum_{j=1}^{N_z} \left(\sum_{i=1}^{N_g} P(i,j) \right)^2}{N_z}$$

[0150]

[0151] 6. Side-Zone Non-Uniformity Normalized(SZNN) Feature

수학식 41

$$SZNN = \frac{\sum_{j=1}^{N_z} \left(\sum_{i=1}^{N_g} P(i,j) \right)^2}{N_z^2}$$

[0152]

[0153] 7. Zone Percentage(ZP) Feature

수학식 42

$$ZP = \frac{N_z}{N_p}$$

[0154]

[0155] 8. Grey Level Variance(GLV) Feature

수학식 43

$$GLV = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} p(i,j) (i-\mu)^2$$

[0156]

[0157] 9. Zone Variance(ZV) Feature

수학식 44

$$ZV = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} p(i,j) (j-\mu)^2$$

[0158]

[0159] 10. Zone Entropy(ZE) Feature

수학식 45

$$ZE = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_z} p(i,j) \log_2(p(i,j)+\epsilon)$$

[0160]

[0161] 11. Low Gray Level Zone Emphasis(LGLZE) Feature

수학식 46

$$LGLZE = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{P(i,j)}{i^2}}{N_z}$$

[0162]

[0163] 12. High Gray Level Zone Emphasis(HGLZE) Feature

수학식 47

$$HGLZE = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_t} P(i,j) i^2}{N_z}$$

[0164]

[0165] 13. Small Area Low Gray Level Emphasis(SALGLE) Feature

수학식 48

$$SALGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{P(i,j)}{i^2 j^2}}{N_z}$$

[0166]

[0167] 14. Small Area High Gray Level Emphasis(SAHGLE) Feature

수학식 49

$$SAHGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{P(i,j) i^2}{j^2}}{N_z}$$

[0168]

[0169] 15. Large Area Low Gray Level Emphasis(LALGLE) Feature

수학식 50

$$LALGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{P(i,j) j^2}{i^2}}{N_z}$$

[0170]

[0171] 16. Large Area High Gray Level Emphasis(LAHGLE) Feature

수학식 51

$$LAHGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} P(i,j) i^2 j^2}{N_z}$$

[0172]

[0173] - 클래스 : Gray Level Run Length Matrix(GLRLM) Features

[0174] GLRLM Features 클래스의 특징들은 동일한 그레이 레벨 값(gray level value)을 갖는 연속 픽셀의 픽셀 수로 정의되는 그레이 레벨 런(gray level run)의 정량화에 대한 특징이며, 구체적인 특징들은 아래와 같다.

[0175] 1. Short Run Emphasis(SRE) Feature

수학식 52

$$SRE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{P(i,j|\theta)}{j^2}}{N_r(\theta)}$$

[0176]

[0177] 2. Long Run Emphasis(LRE) Feature

수학식 53

$$LRE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} P(i,j|\theta) j^2}{N_r(\theta)}$$

[0178]

[0179] 3. Gray Level Non-Uniformity(GLN) Feature

수학식 54

$$GLN = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \left(\sum_{j=1}^{N_r} P(i,j|\theta) \right)^2}{N_r(\theta)}$$

[0180]

[0181] 4. Gray Level Non-Uniformity Normalized(GLNN) Feature

수학식 55

$$GLNN = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \left(\sum_{j=1}^{N_r} P(i,j|\theta) \right)^2}{N_r(\theta)^2}$$

[0182]

[0183] 5. Run Length Non-Uniformity(RLN) Feature

수학식 56

$$RLN = \frac{\sum_{j=1}^{N_r} \left(\sum_{i=1}^{N_g} P(i, j | \theta) \right)^2}{N_r(\theta)}$$

6. Run Length Non-Uniformity Normalized(RLNN) Feature

수학식 57

$$RLNN = \frac{\sum_{j=1}^{N_r} \left(\sum_{i=1}^{N_g} P(i, j | \theta) \right)^2}{N_r(\theta)^2}$$

7. Run Percentage(RP) Feature

수학식 58

$$RP = \frac{N_r(\theta)}{N_p}$$

8. Grey Level Variance(GLV) Feature

수학식 59

$$GLV = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j | \theta) (i - \mu)^2$$

9. Run Variance(RV) Feature

수학식 60

$$RV = \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j | \theta) (j - \mu)^2$$

10. Run Entropy(RE) Feature

수학식 61

$$RE = - \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} p(i, j | \theta) \log_2(p(i, j | \theta) + \epsilon)$$

11. Low Gray Level Run Emphasis(LGLRE) Feature

수학식 62

$$LGLRE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{P(i,j|\theta)}{i^2}}{N_r(\theta)}$$

[0196]

[0197]

12. High Gray Level Run Emphasis(HGLRE) Feature

수학식 63

$$HGLRE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} P(i,j|\theta) i^2}{N_r(\theta)}$$

[0198]

[0199]

13. Short Run Low Gray Level Emphasis(SRLGLE) Feature

수학식 64

$$SRLGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{P(i,j|\theta)}{i^2 j^2}}{N_r(\theta)}$$

[0200]

[0201]

14. Short Run High Gray Level Emphasis(SRHGLE) Feature

수학식 65

$$SRHGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{P(i,j|\theta) i^2}{j^2}}{N_r(\theta)}$$

[0202]

[0203]

15. Long Run Low Gray Level Emphasis(LRLGLE) Feature

수학식 66

$$LRLGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_r} \frac{P(i,j|\theta) j^2}{i^2}}{N_r(\theta)}$$

[0204]

[0205]

16. Long Run High Gray Level Emphasis(LRHGLE) Feature

수학식 67

$$LRHGLE = \frac{\sum_{i=1}^{N_r} \sum_{j=1}^{N_r} P(i,j|\theta) i^2 j^2}{N_r(\theta)}$$

[0206]

[0207]

물론, 정량적인 값은 엔트로피나 라디오믹 특징 외의 다른 측정 지수(입력된 이미지에 대응되는 정량적인 수치를 산출하는 다른 방법)를 이용할 수도 있다.

[0208]

한편, 프로세서(110)는 획득된 영상 촬영 지점별 영상의 전체 영역을 대상으로 하여 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 획득할 수 있다. 물론, 프로세서(110)는 획득된 영상 촬영 지점별 영상의 부분 영역을 대상으로 하여 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 획득할 수도 있다. 예컨대, 방사선 치료에서 CBCT 촬영 전에 환자 plan을 위해 CT를 촬영하게 되는데, 얻어진 CT 영상에 plan을 위해 사용자들이 관심 장기들에 윤곽 형성(contouring)을 하게 된다. 이 경우, 프로세서(110)는 윤곽 형성(contouring)된 영역을 대상으로 하여, 획득된 영상 촬영 지점별 영상 각각에 대한 정량적인 값을 획득할 수 있다.

[0209]

그리고, 프로세서(110)는 도 8에 도시된 바와 같이, 정렬된 영상 촬영 지점별 영상 중에서 미리 설정된 기준에 따라 복수개의 영상을 선택할 수 있다.

[0210]

예컨대, 프로세서(110)는 정렬된 영상 촬영 지점별 영상 중에서 정량적인 값이 큰 순서대로 복수개의 영상을 선택할 수 있다. 여기서, 선택되는 영상의 개수는 특정 숫자(10개 등)로 미리 설정될 수 있다. 또한, 선택되는 영상의 개수는 전체 영상 촬영 지점의 개수를 기준으로 하는 미리 설정된 비율(30% 등)을 통해 획득될 수도 있다. 전체 영상 촬영 지점의 개수가 "20개"이고 미리 설정된 비율이 "25%"인 경우, 선택되는 영상의 개수는 "20개 * 25% = 5개"로 획득될 수 있다.

[0211]

또한, 미리 설정된 기준이 "미리 설정된 임계값 이상의 영상"인 경우, 프로세서(110)는 정렬된 영상 촬영 지점별 영상 중에서 영상에 대응되는 정량적인 값이 미리 설정된 임계값보다 큰 영상들을 선택할 수도 있다.

[0212]

그리고, 프로세서(110)는 도 8에 도시된 바와 같이, 선택된 복수개의 영상 각각에 대응되는 영상 촬영 지점을 복수개의 영상 촬영 지점으로 획득할 수 있다.

[0214]

그런 다음, 프로세서(110)는 복수개의 영상 촬영 지점을 기반으로 대상 환자에 대한 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다(S130).

[0215]

즉, 프로세서(110)는 복수개의 영상 촬영 지점 각각에서 CBCT 촬영 시스템(10)을 통해 대상 환자를 촬영하여 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다.

[0216]

예컨대, 도 10을 참조하면, 프로세서(110)는 전체 영상 촬영 지점들(도 10의 가능한 영상 촬영 지점들) 중에서 대상 환자의 과거 의료 영상을 기반으로 선택된 영상 촬영 지점들(도 10의 선택된 영상 촬영 지점들) 각각에서 대상 환자를 촬영하여 복수개의 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 즉, 선택된 영상 촬영 지점들(도 10의 선택된 영상 촬영 지점들) 각각에서, CBCT 촬영 시스템(10)의 방사선 조사부를 통해 대상 환자를 향해 방사선 빔을 조사하고, CBCT 촬영 시스템(10)의 영상 획득부를 통해 대상 환자를 투과한 방사선 빔을 감지하여 CBCT 영상을 획득할 수 있다.

[0218]

이후, 프로세서(110)는 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다(S150).

[0219]

이때, 프로세서(110)는 분석적 재구성 알고리즘(analytical reconstruction algorithm) 및 반복적 재구성 알고리즘(iterative reconstruction algorithm) 중 하나를 이용하여 복수개의 CBCT 영상을 기반으로 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다.

[0220]

예컨대, 도 11을 참조하면, 프로세서(110)는 분석적 재구성 알고리즘을 이용하여 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 즉, 프로세서(110)는 프로젝션 데이터(본 발명에 따른 적응적 샘플링을 통해 획득된 복수개의 CBCT 영상)를 기반으로, "미가공 데이터 도메인(raw data domain)에서의 노이즈 저감(noise reduction) 과정" -> "FBP(filtered backprojection) 재구성 방법을 통한 이미지 획득

과정" -> "이미지 도메인(image domain)에서의 노이즈 저감 과정"을 수행하여 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 분석적 재구성 알고리즘을 기반으로 영상을 재구성하는 부분은 종래에 알려진 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.

[0221] 또한, 도 12를 참조하면, 프로세서(110)는 반복적 재구성 알고리즘을 이용하여 복수개의 CBCT 영상을 재구성하여 대상 환자에 대한 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 즉, 프로세서(110)는 원본 프로젝션 데이터(본 발명에 따른 적응적 샘플링을 통해 획득된 복수개의 CBCT 영상)를 기반으로, "FBP(filtered backprojection) 재구성 방법을 통한 이미지 획득 과정"을 수행한 다음, "이미지를 기반으로 전방 프로젝션(forward projection)을 통해 계산된 프로젝션 데이터 획득 과정" -> "원본 프로젝션 데이터와 계산된 프로젝션 데이터 비교 과정" -> "비교 결과에 따른 이미지 업데이트 과정"을 반복적으로 수행하여 최종 CBCT 영상을 획득할 수 있다. 반복적 재구성 알고리즘을 기반으로 영상을 재구성하는 부분은 종래에 알려진 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.

[0224] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예컨대, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

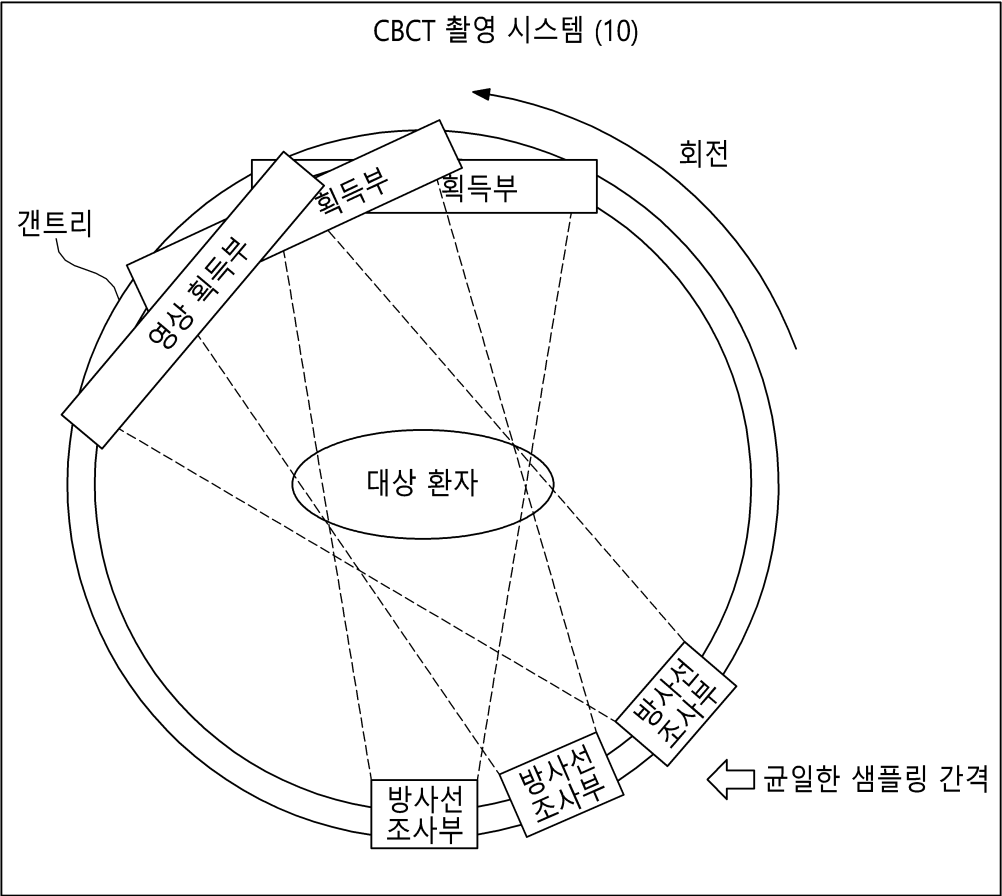
[0225] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

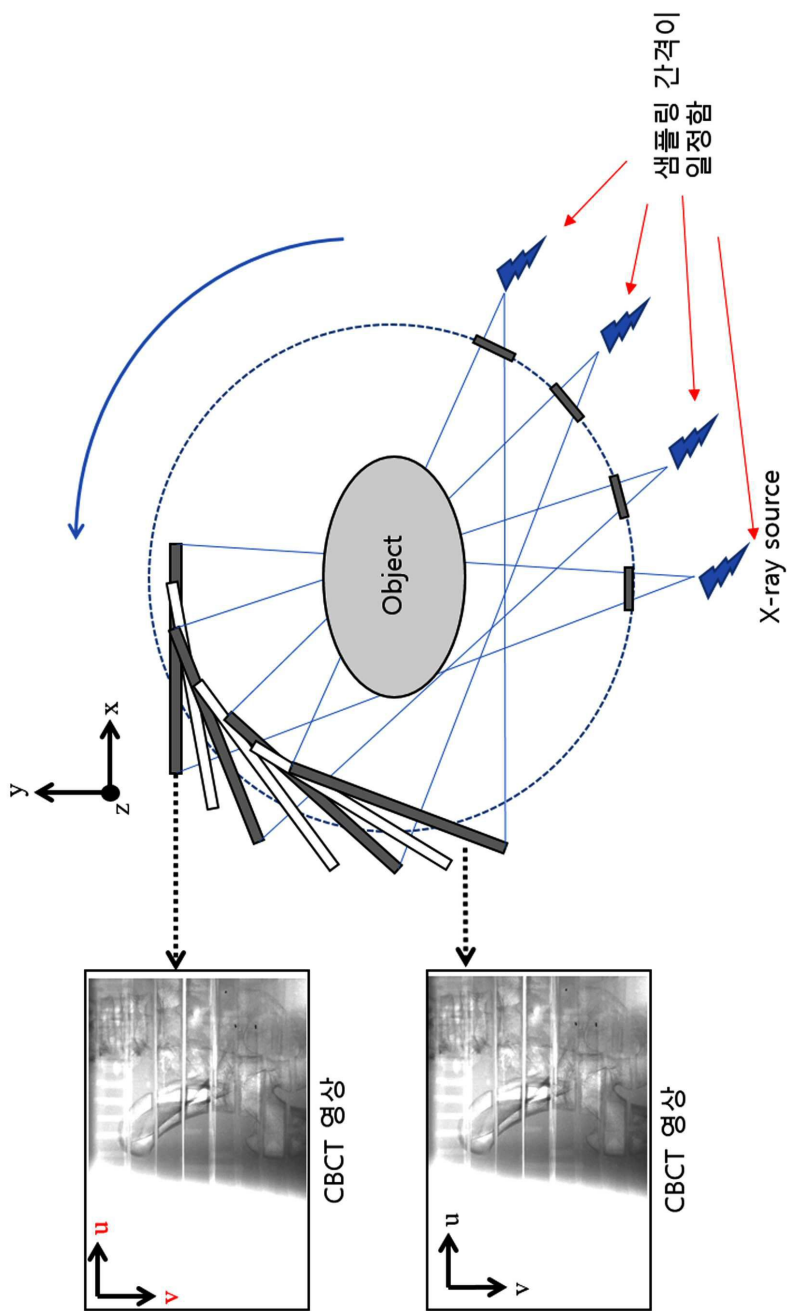
[0226] 100 : CBCT 영상 획득 장치,
110 : 프로세서,
130 : 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체,
131 : 프로그램,
150 : 통신 버스,
170 : 입출력 인터페이스,
190 : 통신 인터페이스

도면

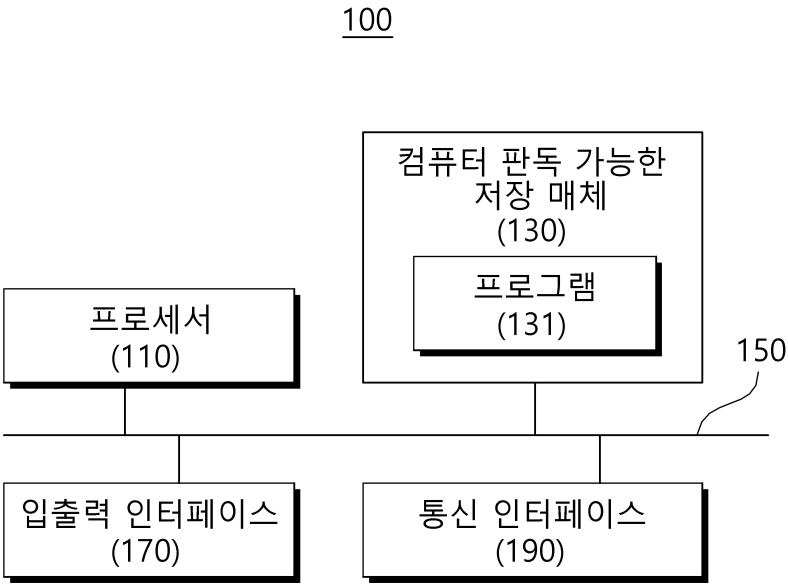
도면1



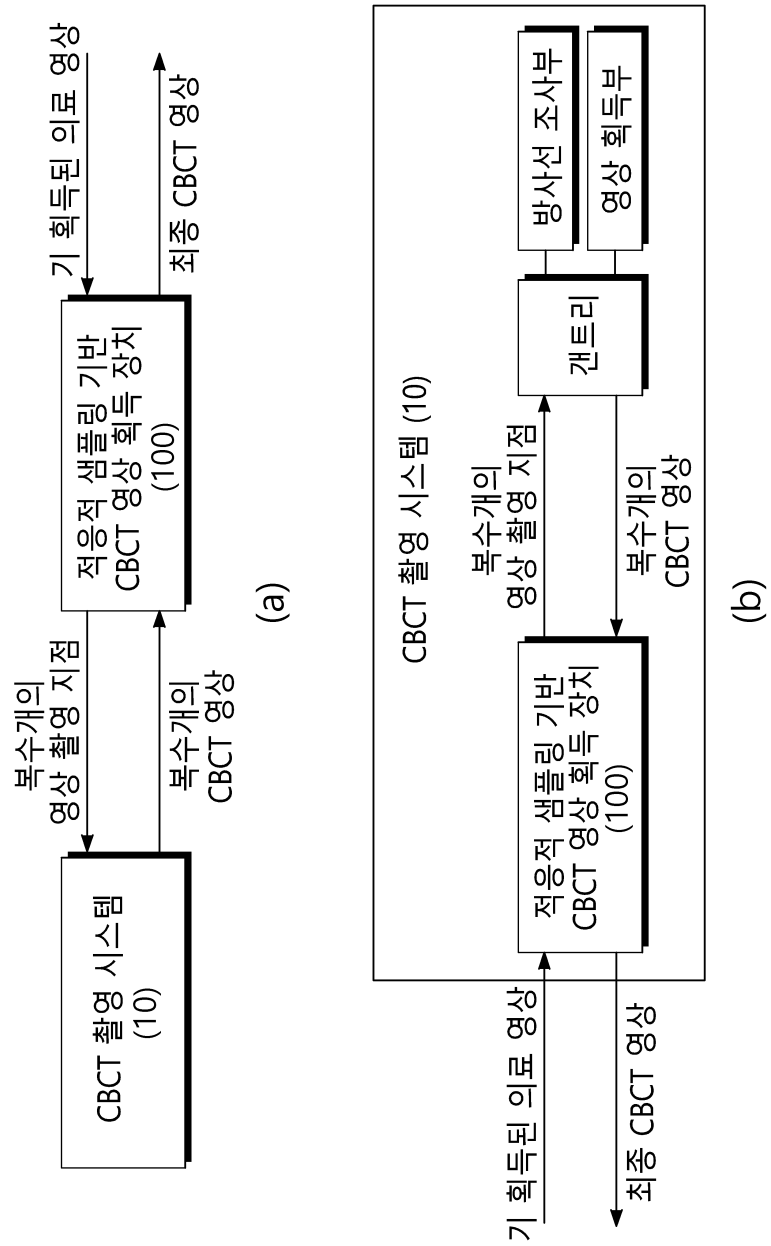
도면2



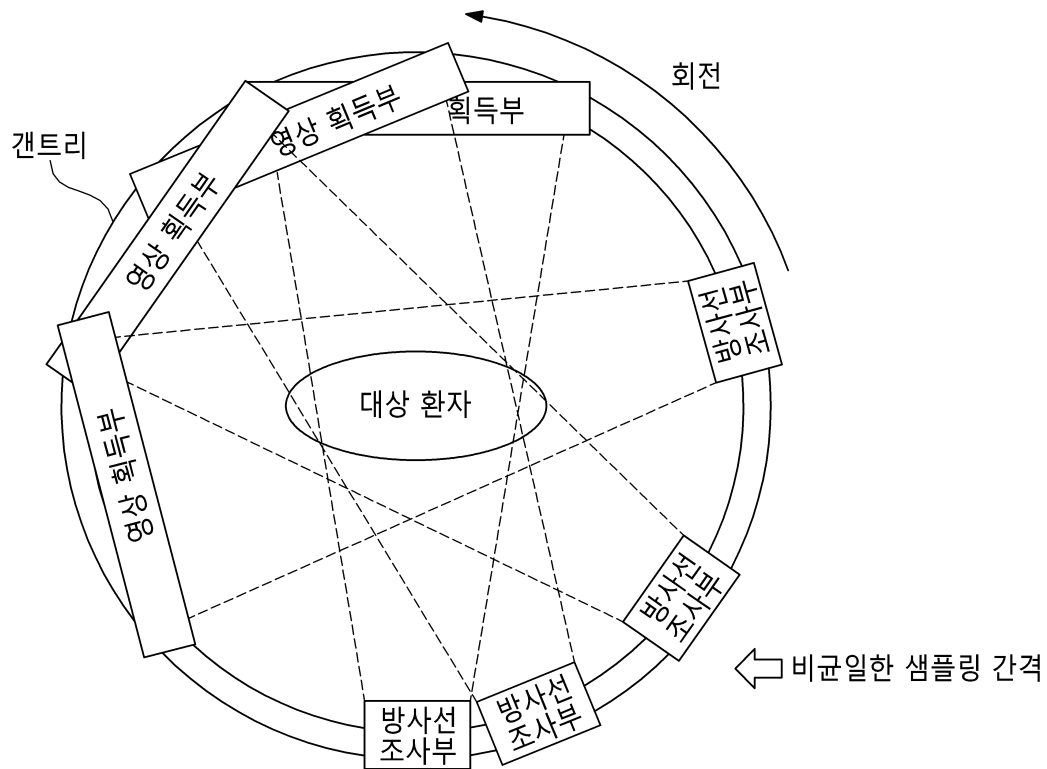
도면3



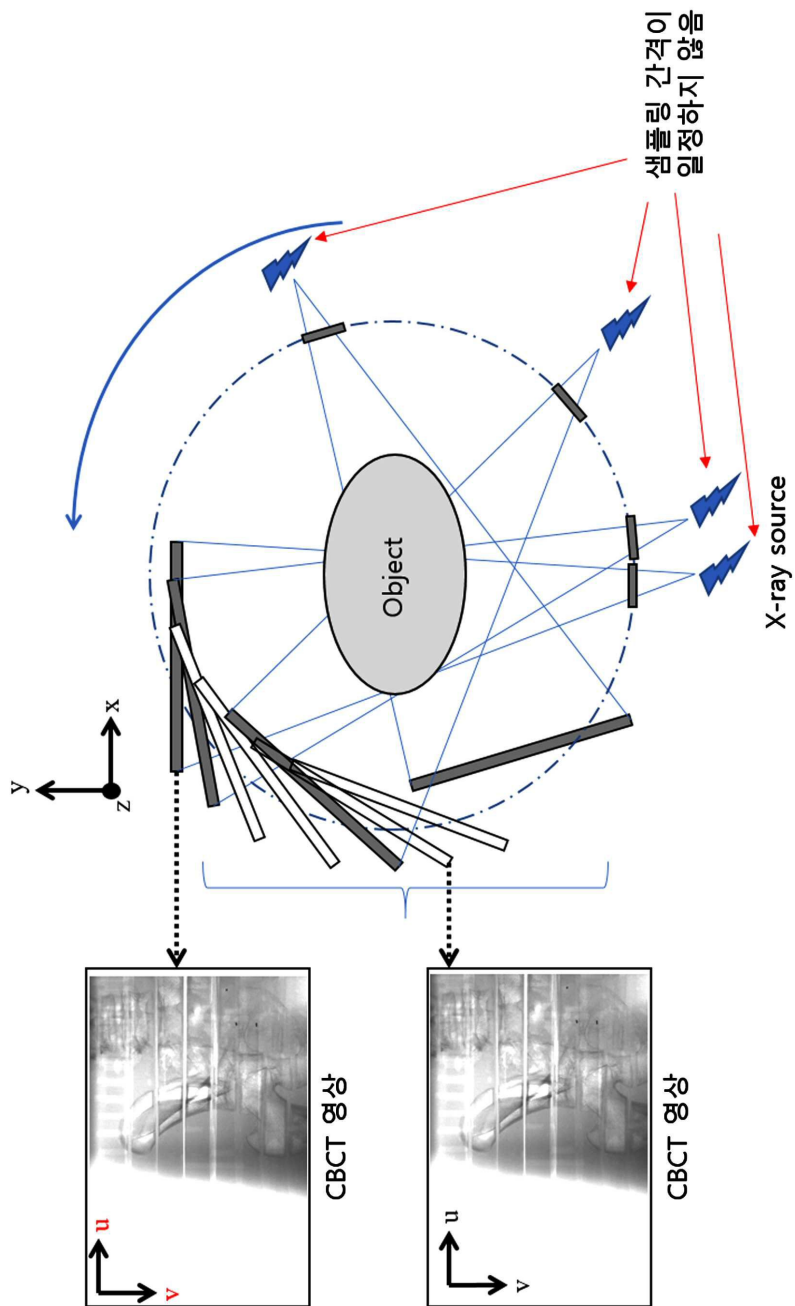
도면4



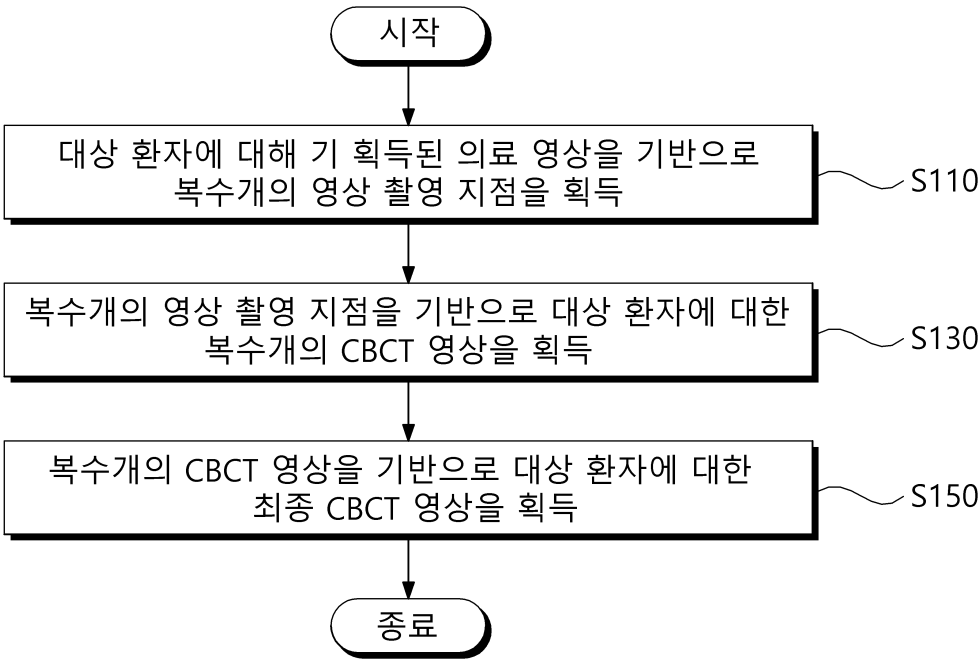
도면5



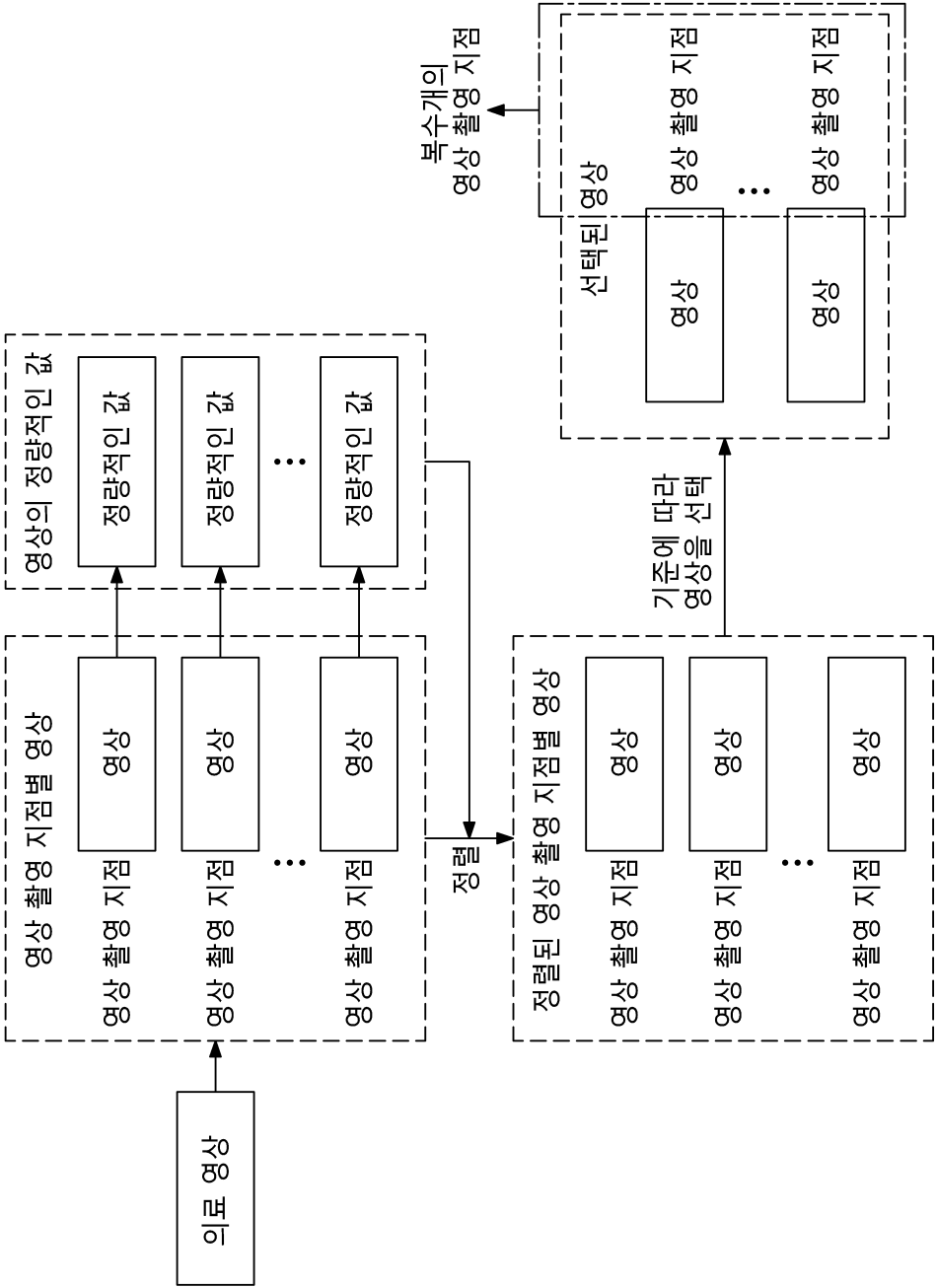
도면6



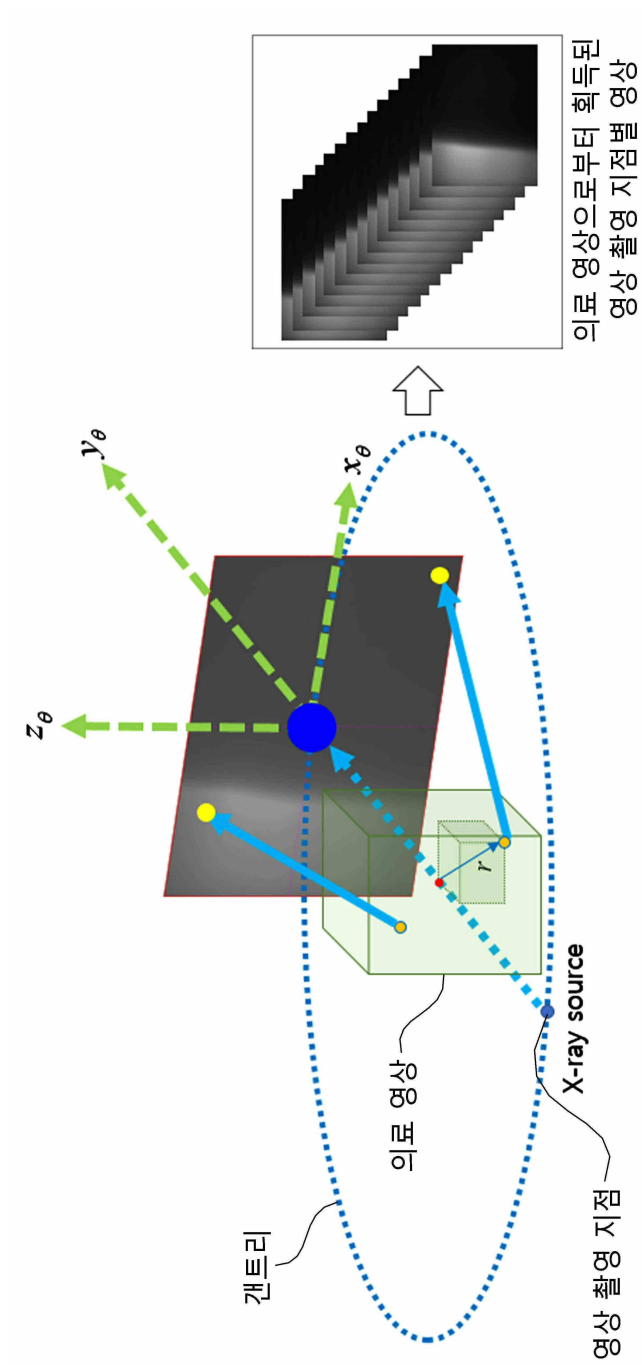
도면7



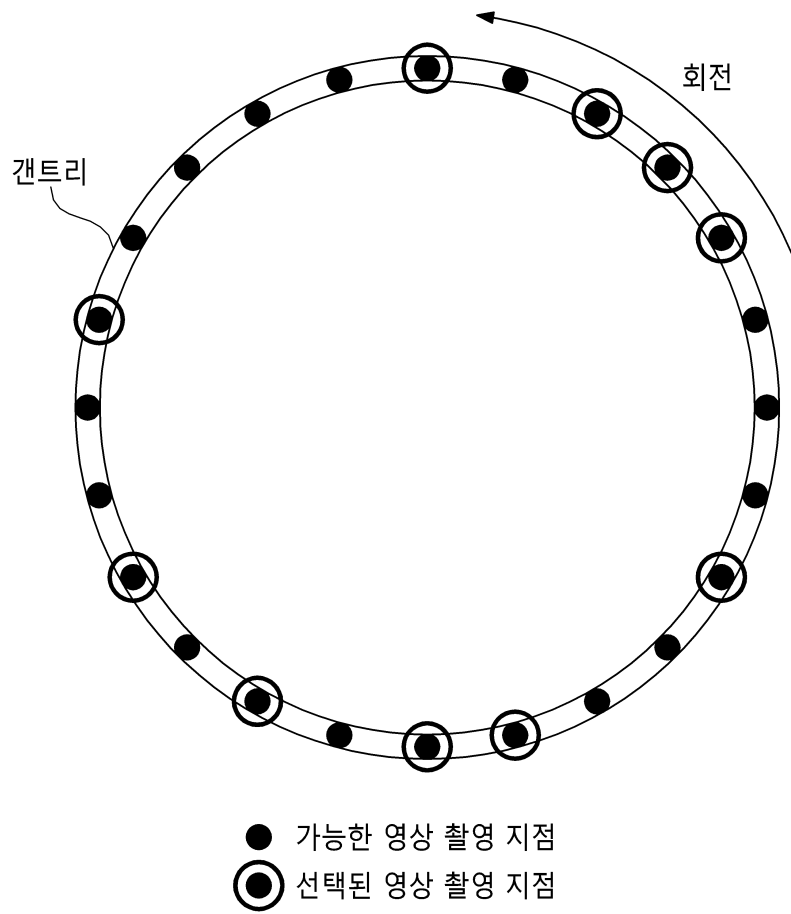
도면8



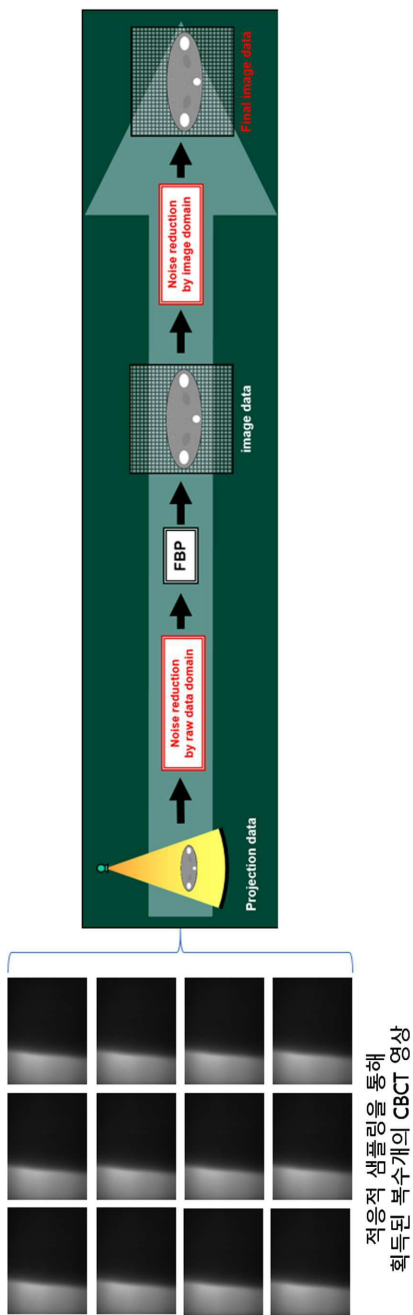
도면9



도면10



도면11



도면12

